

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-211924

(43)Date of publication of application : 06.08.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/122  
G02F 1/025  
H01S 3/18  
H04J 14/00  
H04J 14/02

(21)Application number : 10-009755

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 21.01.1998

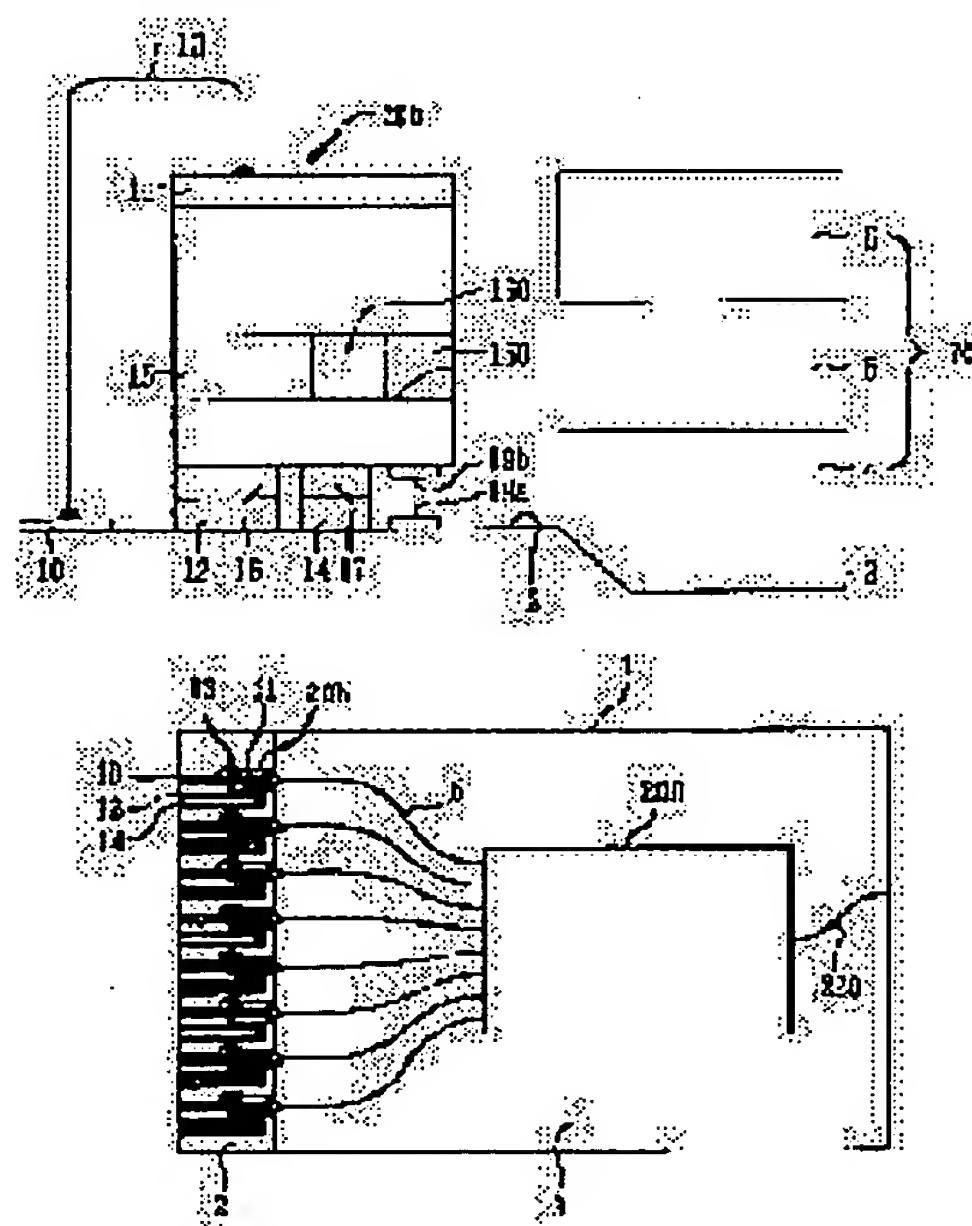
(72)Inventor : KITAGAWA TAKESHI  
YAMADA YASUBUMI  
HIMENO AKIRA  
OKAMOTO KATSUNARI  
YANAGISAWA MASAHIRO  
HASHIMOTO TOSHIKAZU  
EBISAWA FUMIHIRO  
AKAHORI YUJI  
FUKUTOKU KOUSHI

## (54) OPTICAL CIRCUIT FOR WAVELENGTH MULTIPLEXING COMMUNICATION

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a multi-wavelength laser light source, by which thermal crosstalk or mode hopping is reduced and an oscillation wavelength is stabilized, and to provide a miniaturized optical circuit for wavelength multiplexing communication by which the hybrid integration of a semiconductor laser chip on a plane quartz optical waveguide is performed without using the optical component of bulk.

**SOLUTION:** While using a silicon substrate 1 having a terrace part 2 and an etching part 3, plural single longitudinal mode distribution feedback type semiconductor laser chips 20b are mounted on the terrace part 2. Then, the etching part 3 is provided with plural cores 5 with built-in spot size converter 150 and electric field absorptive semiconductor light modulator 160 for propagating light emitted from the plural single longitudinal mode semiconductor laser chips 20b, multi-mode interference type light synthesizer 200, and one or more quartz optical waveguides 220 for output.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 12.11.2002

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-211924

(43) 公開日 平成11年(1999) 8 月 6 日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G02B 6/122			G02B 6/12	A
G02F 1/025			G02F 1/025	
H01S 3/18			H01S 3/18	
H04J 14/00			H04B 9/00	E
14/02				

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全10頁)

(21) 出願番号 特願平10-9755

(22) 出願日 平成10年(1998) 1 月21 日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 北川 毅

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 山田 泰文

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 姫野 明

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 森 哲也

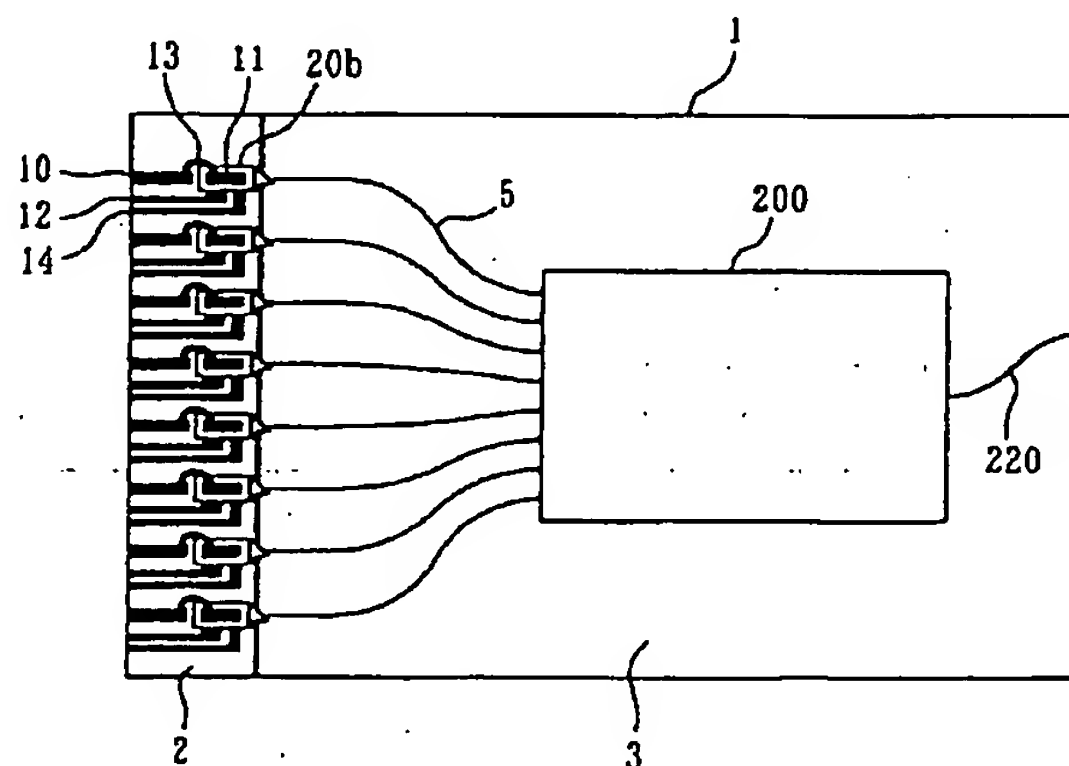
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長多重通信用光回路

## (57) 【要約】

【課題】 熱クロストークやモードホッピングを低減し、発振波長が安定した多波長レーザ光源を提供する。また、バルクの光学部品を用いることなく、半導体レーザチップを平面石英系光導波路にハイブリッド集積した小型の波長多重通信用光回路を提供する。

【解決手段】 テラス部2とエッチング部3を有するシリコン基板1を用いて、テラス部2には、複数の単一縦モード分布帰還型半導体レーザチップ20を搭載し、エッチング部3には、スポットサイズ変換器150と電界吸収型半導体光変調器160を内蔵した複数の単一縦モード半導体レーザチップ20bからの出射光を伝播させる複数のコア5と、多モード干渉型光合流器200と、1以上の出力用石英系光導波路220と、を備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 テラス部とエッチング部を有するシリコン基板上に形成した波長多重通信用光回路であって、前記テラス部には、複数の単一縦モード半導体レーザチップを備え、

前記エッチング部には、前記複数の単一縦モード半導体レーザチップからの出射光を伝播させる複数の入力用石英系光導波路を備えたことを特徴とする波長多重通信用光回路。

【請求項 2】 前記単一縦モード半導体レーザチップは、分布帰還型半導体レーザチップであることを特徴とする請求項 1 記載の波長多重通信用光回路。

【請求項 3】 前記単一縦モード半導体レーザチップは、スポットサイズ変換器を内蔵したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の波長多重通信用光回路。

【請求項 4】 前記単一縦モード半導体レーザチップは、電界吸収型半導体光変調器を内蔵したことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の波長多重通信用光回路。

【請求項 5】 前記単一縦モード半導体レーザチップ配設位置における前記シリコン基板の前記テラス部の厚さが、隣接する 2 つの単一縦モード半導体レーザチップの活性層間の距離以下であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の波長多重通信用光回路。

【請求項 6】 前記シリコン基板の前記エッチング部に、前記複数の入力用石英系光導波路からの出射光を結合させる石英系光結合器と前記石英系光結合器の出射光を伝播させる 1 以上の出力用石英系光導波路と、を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の波長多重通信用光回路。

【請求項 7】 前記石英系光結合器は、多モード干渉型光合流器であることを特徴とする請求項 6 記載の波長多重通信用光回路。

【請求項 8】 前記石英系光結合器は、スラブ導波路スターカプラ型光合流器であることを特徴とする請求項 6 記載の波長多重通信用光回路。

【請求項 9】 前記石英系光結合器は、アレイ導波路格子光合流器であることを特徴とする請求項 6 記載の波長多重通信用光回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長多重通信用光回路に関し、特に、石英系光導波路や石英系光結合器を有する光集積回路基板上に、半導体レーザチップを搭載したハイブリッド光回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、1 本の光ファイバで複数の異なる波長の光信号を伝送する波長多重通信を行うため、モノリシック集積技術やハイブリッド集積技術を適宜応用した多波長光送信器が開発されてきた。

【0003】 モノリシック集積技術を応用したものには、たとえば、インジウムリン等の化合物半導体基板上に多数の分布帰還型半導体レーザをアレイ化した多波長光送信器がある。この分布帰還型半導体レーザアレイでは、各半導体レーザのガイド層のグレーティング周期を変化させるだけで、レーザ発振波長を変化させることができる。また、分布帰還型半導体レーザアレイは、活性層の長さが数百  $\mu\text{m}$  と短かく、構造も簡単であるので、多波長光送信器を小型化できる。

10 【0004】 一方、ハイブリッド集積技術を応用したものには、石英系光導波路を形成したシリコン基板上に、半導体レーザチップを搭載した波長多重通信用光回路がある。図 11 は従来の波長多重通信用光回路の斜視図である（1996 年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演予稿集 303 項：C-303：石英系導波路に作製した UV 誘起グレーティングとスポットサイズ変換 LD を用いたハイブリッド集積レーザ）。

20 図 11 を参照すると、シリコン基板を部分的にエッチングして成るエッチング部に、1 本の石英系光導波路が、火炎加水分解堆積法を基本として形成されている。さらに、石英系光導波路には、紫外光の干渉露光により光誘起グレーティング反射器が形成されている。また、上記エッチング部以外のテラス部には 1 個のファブリ・ペロー半導体レーザチップが搭載されている。そして、光誘起グレーティング反射器は、ファブリ・ペロー型半導体レーザチップの外部共振器として機能している。なお、このようなシステムにおいては、レーザ発振波長は光誘起グレーティング反射器のグレーティング周期によって定まる。

## 30 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述したモノリシック型半導体レーザアレイの場合、半導体レーザの発熱のため、隣接する半導体レーザのガイド層の屈折率

40 【0006】 また、図 11 に示したハイブリッド波長多重通信用光回路の場合、ファブリ・ペロー型半導体レーザチップ 201 及び光誘起グレーティング反射器 7 のそれぞれの屈折率温度係数が異なるため、レーザ発振波長が不連続に変化するモードホッピングが発生しやすい欠点があった。

【0007】 また、図 11 に示したハイブリッド波長多重通信用光回路では、光合流器や光合波器等の光結合器を備えていなかったために、光結合器を外付けしなければならず、そのための光軸調整等に手間がかかり、また装置全体が大型になっていた。

50 【0008】 そこで、本発明は、上述した熱クロストークやモードホッピングを低減し、発振波長が安定した多

波長レーザ光源を提供することを課題としている。また、本発明は、バルクの光学部品を用いることなく、半導体レーザチップを平面石英系光導波路にハイブリッド集積した小型の波長多重通信用光回路を提供することを課題としている。

#### 【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するため、請求項 1 の波長多重通信用光回路は、テラス部とエッチング部を有するシリコン基板上に形成した波長多重通信用光回路であって、前記テラス部には、複数の単一縦モード半導体レーザチップを備え、前記エッチング部

には、前記複数の単一縦モード半導体レーザチップからの出射光を伝播させる複数の入力用石英系光導波路を備えている。

【 0 0 1 0 】 また、請求項 2 の波長多重通信用光回路は、その単一縦モード半導体レーザチップとして、分布帰還型半導体レーザチップを搭載している。また、請求項 3 の波長多重通信用光回路は、その単一縦モード半導体レーザチップの活性層にスポットサイズ変換器を内蔵している。

【 0 0 1 1 】 また、請求項 4 の波長多重通信用光回路は、その単一縦モード半導体レーザチップに電界吸収型変調器を内蔵している。また、請求項 5 の波長多重通信用光回路においては、単一縦モード半導体レーザチップ配設位置における前記シリコン基板の前記テラス部の厚さを、隣接する単一縦モード半導体レーザチップの活性層間の距離以下にしてある。

【 0 0 1 2 】 また、請求項 6 の波長多重通信用光回路においては、シリコン基板のエッチング部に、前記複数の入力用石英系光導波路からの出射光を結合させる石英系光結合器と前記石英系光結合器の出射光を伝播させる 1 以上の出力用石英系光導波路と、を備えている。

【 0 0 1 3 】 また、請求項 7 の波長多重通信用光回路は、その石英系光結合器として多モード干渉型光合流器を備えている。また、請求項 8 の波長多重通信用光回路は、その石英系光結合器としてスラブ導波路スターカプラ型光合流器を備えている。

【 0 0 1 4 】 また、請求項 9 の波長多重通信用光回路は、その石英系光結合器としてアレイ導波路格子光合波器を備えている。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】 本発明の実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。まず、図 1 は本発明の波長多重通信用光回路の分解斜視図である。

【 0 0 1 6 】 本発明の波長多重通信用光回路は、シリコン基板 1 のエッチング部 3 に下部クラッド層 4 とコア 5 と上部クラッド層 6 からなる光回路を形成し、さらに、シリコン基板 1 のエッチング部 3 以外の部分であるテラス部 2 の複数のレーザ搭載部 3 0 に、それぞれ半導体レーザチップ 2 0 を搭載している。また、それぞれの半導

体レーザチップ 2 0 の図示しない電極は、それぞれのレーザ搭載部 3 0 に設けた外部電極 1 0、1 2、及び必要な場合は 1 4 に電気接続される。さらに、シリコン基板 1 を冷却器 6 0 により冷却することにより、複数の半導体レーザチップ 2 0 を冷却している。このような構成により、各々発振波長の異なる複数の半導体レーザチップ 2 0 からの出射光は、各々独立のチャンネルとして電気信号で強度変調され、各々の入力用石英系光導波路 7 0 中のコア 5 をそれぞれ伝播して、図示しない石英系光結合器（光合流器または光合波器）で結合され、図示しない出力用石英系光導波路を介して、出力用石英系光導波路の図示しない出射端から、図示しない光ファイバに向けて、1 本のビームとなって入射する。

【 0 0 1 7 】 そこで、以下、図 1 に示す本発明の各構成要素について説明する。シリコン基板 1 のエッチング部 3 には光回路が形成されている。このようにエッチング部 3 に光回路を設けると、光回路のコア 5 の高さを調節することができるため、半導体レーザチップ 2 0 の活性層との位置合わせが容易となる。

【 0 0 1 8 】 光回路の下部クラッド層 4 とコア 5 と上部クラッド層 6 は酸化シリコン-酸化ゲルマニウム系等のガラスを火炎加水分解堆積法で積層したものである。そして、コア 5 を反応性イオンエッチングを中心としたフォトリソグラフィ工程で微細加工して、入力用石英系光導波路 7 0、図示しない出力用石英系光導波路、および図示しない石英系光結合器（光合流器または光合波器）を形成する。なお、図 1 には、入力用光導波路 7 0 の入射端面のみが図示されている。

【 0 0 1 9 】 光回路の内の入力用石英系光導波路 7 0 の入射端面はレーザ光軸に対して斜めになるようエッチングが施されている。このエッチング角度は、入射用石英系光導波路の端面で屈折するレーザ光の屈折方向が入射用石英系光導波路の光軸に一致する角度とする。同様に、出力用石英系光導波路の図示しない出射端には斜め研磨が施されている。これらの斜めエッチングおよび斜め研磨により、半導体レーザチップへの戻り光をなくするようにしている。

【 0 0 2 0 】 シリコン基板 1 のエッチング部 3 以外の部分であるテラス部 2 には、それぞれ半導体レーザチップ 2 0 を搭載するレーザ搭載部 3 0 が複数設けられている。これらのレーザ搭載部 3 0 は、テラス部 2 の表面の酸化シリコン層をエッチングして形成されており、その表面にシリコン層を露出させている。これは、半導体レーザチップ 2 0 の底面をシリコン基板 1 に接触させることにより、シリコンの高熱伝導性を利用して、半導体レーザチップ 2 0 からの放熱を向上させるためである。

【 0 0 2 1 】 さらに、レーザ搭載部 3 0 の底面には、半導体レーザチップ 2 0 の図示しない基板側電極にワイヤボンディングされる外部電極 1 0 および半導体レーザチップ 2 0 の図示しない電流注入電極に接続される外部電



極12と、必要な場合には、半導体レーザチップ20の図示しない電界吸収型半導体光変調器用電極に接続される外部電極14が形成されている。外部電極10の材料には、たとえば、金等が好適である。また、外部電極12、14の材料は、たとえば、半導体レーザチップ20の図示しない電流注入電極や図示しない電界吸収型半導体光変調器用電極が金であるときは、金より融点が低く、電流注入電極材料である金と合金化しやすい金錫ハンダ等が好適である。

【0022】なお、これらの電気配線は、数Gb/s以上の高速データ通信の場合には、マイクロ波を効率的に印加できるように、電極長を短くし、マイクロ波損失の小さいコプレーナ線路やマイクロストリップ線路とする。

【0023】半導体レーザチップ20をレーザ搭載部30に搭載するには、レーザ搭載部30上にフォトリソで作成したマーカ19aと、半導体レーザチップ20の底面の図示しないマーカとを、赤外線カメラで透視しつつ位置合わせした後、シリコン基板1を加熱して外部電極12、14をリフローさせ、半導体レーザチップ20をシリコン基板1に固定する。なお、半導体レーザチップ20の図示しない基板側電極は、図示しない金線

で外部電極10にワイヤボンディングされる。

【0024】複数の半導体レーザチップ20を搭載したシリコン基板1の背面はペルチェ冷却器等の冷却器60で冷却する。本発明では、シリコン基板のテラス部の厚さを隣接する半導体レーザチップの活性層間の距離以下にして、強制的に、シリコン基板の板厚方向に温度勾配を作っている。従って、シリコン基板1の基板面方向の熱流が抑制される。なお、シリコン基板1が薄ければ薄い程、基板面方向の熱流を抑制する効果が大い。

【0025】以上、図1を参照して本発明の各構成要素について説明した。次に、図2乃至図3を参照して本発明に好適な半導体レーザチップについて説明する。なお、以下説明する半導体レーザチップはすべて単一縦モードの半導体レーザチップである。すなわち、波長多重方式で光通信を行うためには、多モード発振レーザのように発振波長分布幅が広がってはいならず、所定の単一波長のみで発振する単一縦モードの半導体レーザを採用する必要があるからである。

【0026】図2はスポットサイズ変換器150を内蔵した単一縦モード半導体レーザチップ20aの断面図である。本発明に好適なレーザには、分布帰還型レーザ、ブラッグ反射器付きレーザ、超構造グレーティングレーザ等がある。この中でも、分布帰還型レーザは、活性層15の長さが数百μmと短く、構造が簡単であるため、ハイブリッド集積するのに好適である。

【0027】なお、これらのレーザの発振波長は、それぞれのグレーティングにより決定される。図2を参照すると、シリコン基板のエッチング部3上に下部クラッド

層4とコア5と上部クラッド層6からなる入力用光導波路70が形成されている。また、シリコン基板のテラス部2に半導体レーザチップ20aが搭載されている。そして、半導体レーザチップ20aの基板側電極11が外部電極10にワイヤボンディングされ、半導体レーザチップ20aの電流注入電極16が金錫ハンダの外部電極12にリフロー接着されている。なお、マーカパターン19a、19bは、半導体レーザチップ20aの位置合わせ・光軸合わせのために用いている。

【0028】この半導体レーザチップ20aは、膜厚方向にテーパ状をなす導波路であるスポットサイズ変換器150を活性層15にバット・ジョイントした構造を有している。このスポットサイズ変換器150を用いれば、レーザ光のスポットサイズが、水平方向に4μm程度、垂直方向に3μm程度となるので、入力用石英系光導波路70に50%以上の高効率で光ビームを入射することができる。

【0029】また、図3はスポットサイズ変換器150と電界吸収型半導体光変調器160とを内蔵した単一縦モード半導体レーザチップ20bの断面図である。この半導体レーザチップ20bは、電界吸収型半導体光変調器160を内蔵した点を除けば、図2に示した半導体レーザチップ20aと同じである。

【0030】図3を参照すると、シリコン基板のエッチング部3上に下部クラッド層4とコア5と上部クラッド層6からなる入力用光導波路70が形成されている。そして、シリコン基板のテラス部2に半導体レーザチップ20bが搭載され、半導体レーザチップ20bの基板側電極11が外部電極10にワイヤボンディングされ、半導体レーザチップ20bの電流注入電極16が金錫の外部電極12にリフロー接着されている。さらに、半導体レーザチップ20bの電界吸収型半導体光変調器用電極17が外部電極14にリフロー接着されている。なお、マーカパターン19a、19bは、半導体レーザチップ20bの位置合わせ・光軸合わせのために用いている。

【0031】この半導体レーザチップ20bは、膜厚方向にテーパ状をなす導波路であるスポットサイズ変換器150を活性層15にバット・ジョイントした構造を有し、さらに、光吸収層160を有している。

【0032】電界吸収型半導体光変調器160は光吸収層であり、電極17に印加する電圧に応じて吸収端波長が長波長側にシフトすることを利用してレーザ光を変調するものである。

【0033】単一縦モード分布帰還型レーザの緩和周波数は、通常3GHz程度であるため注入電流を直接変調してもこれ以上の高周波を変調することはできない。しかし、電界吸収型半導体光変調器160を用いれば、緩和周波数以上の高周波を変調することができ、10GHz以上の高速変調が可能になる。

【0034】次に、図4乃至図6を参照して、本発明に

好適な光回路について説明する。図 4 は、多モード干渉型光合流器 2 0 0 を有する光回路のコア 5 の斜視図である。この光回路では、複数の入力用石英系光導波路 7 0 中のコア 5 からの各波長のレーザビームは多モード干渉型光合流器 2 0 0 中で合流し出力用石英系光導波路 2 2 0 から 1 本のビームとなって出射するようになっている。

【0035】ここに、多モード干渉型光合流器 2 0 0 は、コア 5 をフォトエッチングして、矩形に形成したものである。多モード干渉型光合流器 2 0 0 は、矩形のスラ

10 ラブ領域において、複数の導波モード間の干渉による多重イメージ投影を利用して光を合流させている。

【0036】この多モード干渉型光合流器 2 0 0 は、波長依存性を持たず、寸法誤差等の許容度が大きいので、作製が容易である。しかし、入力用石英系光導波路 2 1 0 のチャンネル数が  $N$  の時、合流損のため光信号強度が  $1/N$  に減衰するために、比較的チャンネル数の少ない波長多重通信に適する。

【0037】なお、多モード干渉型光合流器 2 0 0 に入射した光の一部は放射モードとなって、クラッド層を伝

20 播する。そこで、出力用石英系光導波路 2 2 0 には曲がり導波路を採用することにより、この放射モードの光が図示しない光ファイバに入射しないようにして、図示しない光ファイバの光軸調整を容易にしている。

【0038】図 5 はスラブ導波路スターカブラ型光合流器 3 0 0 を有する光回路のコア 5 の斜視図である。この光回路では、複数の入力用石英系光導波路 7 0 中のコア 5 からの各波長のレーザビームは、スラブ導波路スターカブラ型光合流器 3 0 0 中で合流し、出力用石英系光導波路から 1 本のビームとなって出射するようになっている。

30

【0039】ここに、スラブ導波路スターカブラ型光合流器 3 0 0 は、コア 5 をフォトエッチングして、レーザ光入射側 3 0 0 a とレーザ光出射側 3 0 0 b を凸面に形成したものである。

【0040】また、スラブ導波路スターカブラ型光合流器 3 0 0 の入射側 3 0 0 a と出射側 3 0 0 b に、ダミーの石英系光導波路 2 3 0 a, 2 3 0 b をそれぞれ設ければ、合流損失を抑制することができる。

【0041】スラブ導波路スターカブラ型光合流器 3 0 0 は、スラブ領域において、光の回折を利用して光の合流を行わせ、入射用石英系光導波路 7 0 中のコア 5 からの各波長の光が等しい強度で出力用石英系光導波路 2 2 0 に結合する。

【0042】このスラブ導波路スターカブラ型光合流器 3 0 0 は、波長依存性を持たず、作成誤差の許容度が大きいので、作製が容易である。しかし、入力用石英系光導波路 2 1 0 のチャンネル数が  $N$  の時、合流損のため光信号強度が  $1/N$  に減衰するために、比較的チャンネル数の少ない波長多重通信に適する。

【0043】なお、スラブ導波路スターカブラ型光合流器 3 0 0 に入射した光の一部は放射モードとなって、クラッド層を伝播する。そこで、出力用石英系光導波路 2 2 0 には曲がり導波路を採用することにより、この放射モードの光が図示しない光ファイバに入射しないようにして、図示しない光ファイバの光軸調整を容易にしている。

【0044】図 6 はアレイ導波路格子光合流器 4 0 0 を有する光回路のコア 5 の斜視図である。この光回路では、複数の入力用石英系光導波路 7 0 中のコア 5 からの各波長のレーザビームは、第 1 スラブ領域 4 0 0 a に導かれ光路長を所定量ずつ変化させたアレイ導波路格子 2 4 0 を経て第 2 スラブ領域 4 0 0 b に入り、出力用石英系光導波路 2 2 0 から 1 本のビームとして出射されるようになっている。

【0045】ここに、第 1 スラブ領域 4 0 0 a と第 2 スラブ領域 4 0 0 b の形状は、入出射面を凸型とし、入射凸面の弦長と出射凸面の弦長を、チャンネル数に応じて設定するものである。たとえば図 6 では、第 1 スラブ領域 4 0 0 a の入射凸面の弦長は出射凸面の弦長より短くされている。

【0046】アレイ導波路格子光合流器 4 0 0 は、導波路長を一定量ずつ変化させたアレイ導波路格子 2 4 0 を用い、多光束干渉を利用して光の合波を行うものである。このアレイ導波路格子光合流器 4 0 0 合流器は、原理上合流損がないので、チャンネル数の大きい波長多重通信に適している。ただし、レーザ光の波長が透過帯域からずれると合波損失が大きくなるので、レーザ光の波長を合流器の透過帯域に高い精度で合致させる必要がある。

【0047】なお、アレイ導波路格子光合流器 4 0 0 に入射した光の一部は放射モードとなって、クラッド層を伝播する。そこで、出力用石英系光導波路 2 2 0 には曲がり導波路を採用して、この放射モードの光が図示しない光ファイバに入射しないようにすることにより、図示しない光ファイバの光軸調整を容易にしている。

【0048】以上、本発明の各構成要素、および、それらの機能について、説明した。なお、本発明の他の実施の形態として、第 1 に、半導体レーザチップとして、同一波長で発信する予備のレーザを対にして多波長光源を構成してもよい。あるいは、多波長光源を 2 組搭載してもよい。このようにしておけば、障害時の復旧が迅速かつ容易となる。

【0049】第 2 に、半導体レーザ光増幅器をシリコン基板上にハイブリッド集積してもよい。この場合、半導体レーザ光増幅器は石英系光結合器（光合流器または光合流器）の出力側に搭載するのが望ましい。

【0050】第 3 に、出力用石英系光導波路を 2 以上設けてもよい。こうしておけば、伝送系を複数にした

50 り、モニタ用出力を得る等のために好適である。第 4

に、熱クロストークをさらに低減するため、各々のレーザ搭載部30間に溝を設け、シリコン基板1のテラス部2の面内方向の熱伝導を妨げるようにしてもよい。

#### 【0051】

【実施例】本発明を実証するため、8チャンネルの波長多重通信を行った。レーザ波長は1546.12nmから1557.36nmの範囲で8点に設定した。これらの波長は光周波数193.1THzを基準として200GHz間隔の8個のグリッド点に対応させた。

【0052】シリコン基板1のテラス部2に搭載した半導体レーザチップチップ20として、スポットサイズ変換器150を内蔵した単一縦モード分布帰還型半導体レーザチップ20a、またはスポットサイズ変換器150及び電界吸収型半導体光変調器160を内蔵した単一縦モード分布帰還型半導体レーザチップ20b、を用いた。なお、これらの半導体レーザチップは、インジウムリン基板上に成長させたInGaAsP系歪量子井戸構造を有するものを用いた。なお、入力用石英系光導波路側の半導体レーザチップの端面には反射防止膜を形成し、反対側の端面には高反射膜を形成した。

【0053】このような8個の半導体レーザチップ20を、0.5mm間隔で、シリコン基板1（幅10mm、長さ30mm、テラス部2の厚さ0.5mm）に搭載した。また、石英系光結合器としては、図4に示した多モード干渉型光合流器200、図5に示したスラブ導波路スターカップラ型光合流器300、図6に示したアレイ導波路格子光合流器400、を用いた。

（実施例1）図7はスポットサイズ変換器150を内蔵した単一縦モード分布帰還型半導体レーザチップ20aと、多モード干渉型光合流器200とを用いた本発明の波長多重通信光回路のレイアウト図である。

【0054】なお、ペルチェ素子によりシリコン基板1を一定温度に保持し、各レーザに伝送速度2.5Gb/sのNRZ信号で変調した電流を外部電極12から注入してレーザを駆動し、レーザ発振特性を評価した。

【0055】その結果、全チャンネルとも、グリッド点の光周波数の変動は±40GHz以内であった。すなわち、全レーザを駆動した場合と一つのレーザのみを駆動した場合の光周波数の変化は±40GHz以内であり実用上問題のない値が得られた。また、全チャンネルとも、-10dBm以上の出力を有し、雑音やタイミングずれの小さな波長多重光信号が得られた。

【0056】この波長多重光信号を低分散図示しない光ファイバに入射し、波長多重伝送実験を行ったところ、良好な誤り率特性を得た。

（実施例2）図8はスポットサイズ変換器150及び電界吸収型半導体光変調器160を内蔵した単一縦モード分布帰還型半導体レーザチップ20bと、多モード干渉型光合流器200とを用いた本発明の波長多重通信光回路のレイアウト図である。これらのレーザを駆動す

るため、外部電極12から一定電流を注入した。この際、各半導体レーザチップに注入する電流は、各グリッド点の光周波数に合致するよう各レーザごとに微調整した。そして、電界吸収型半導体光変調器を駆動するため、外部電極14に伝送速度2.5Gb/sのNRZ信号を印加した。その際、外部電極12、14を各レーザごとに調節して、各波長における出力と変調度を等しくなるようにした。

【0057】また、ペルチェ素子によりシリコン基板1を一定温度に保持し、各レーザに伝送速度2.5Gb/sのNRZ信号で変調し、レーザ発振特性を評価した。その結果、全チャンネルとも、グリッド点の光周波数の変動は±40GHz以内であった。すなわち、全レーザを駆動した場合と一つのレーザのみを駆動した場合の光周波数の変化は±40GHz以内であり実用上問題のない値が得られた。また、全チャンネルとも、-5dBm以上の出力を有し、雑音やタイミングずれの小さな波長多重光信号が得られた。

【0058】この波長多重光信号を低分散図示しない光ファイバに入射し、波長多重伝送実験を行ったところ、良好な誤り率特性を得た。

（実施例3）図9はスポットサイズ変換器150及び電界吸収型半導体光変調器160を内蔵した単一縦モード分布帰還型半導体レーザチップ20bと、スラブ導波路スターカップラ型光合流器300とを用いた本発明の波長多重通信光回路のレイアウト図である。

【0059】これらのレーザを駆動するため、外部電極12から一定電流を注入した。この際、各半導体レーザチップに注入する電流は、各グリッド点の光周波数に合致するよう各レーザごとに微調整した。そして、電界吸収型半導体光変調器を駆動するため、外部電極14に伝送速度2.5Gb/sのNRZ信号を印加した。その際、外部電極12、14を各レーザごとに調節して、各波長における出力と変調度を等しくなるようにした。

【0060】また、ペルチェ素子によりシリコン基板1を一定温度に保持し、各レーザに伝送速度2.5Gb/sのNRZ信号で変調し、レーザ発振特性を評価した。その結果、全チャンネルとも、グリッド点の光周波数の変動は±40GHz以内であった。すなわち、全レーザを駆動した場合と一つのレーザのみを駆動した場合の光周波数の変化は±40GHz以内であり実用上問題のない値が得られた。また、全チャンネルとも、-5dBm以上の出力を有し、雑音やタイミングずれの小さな波長多重光信号が得られた。

【0061】この波長多重光信号を低分散図示しない光ファイバに入射し、波長多重伝送実験を行ったところ、良好な誤り率特性を得た。

（実施例4）図10はスポットサイズ変換器150及び電界吸収型半導体光変調器160を内蔵した単一縦モード分布帰還型半導体レーザチップ20bと、アレイ導波



路格子光合波器 4 0 0 とを用いた本発明の波長多重通信光回路のレイアウト図である。

【0062】これらのレーザを駆動するため、外部電極 1 2 から一定電流を注入した。この際、各半導体レーザチップに注入する電流は、各グリッド点の光周波数に合致するよう各レーザごとに微調整した。そして、電界吸収型半導体光変調器を駆動するため、外部電極 1 4 に伝送速度 2. 5 G b / s の NR Z 信号を印加した。その際、電極 1 2, 1 4 を各レーザごとに調節して、各波長における出力と変調度を等しくなるようにした。

【0063】また、ペルチェ素子によりシリコン基板 1 を一定温度に保持し、各レーザに伝送速度 2. 5 G b / s の NR Z 信号で変調し、レーザ発振特性を評価した。その結果、全チャンネルとも、グリッド点の光周波数の変動は  $\pm 4. 0 \text{ GHz}$  以内であった。すなわち、全レーザを駆動した場合と一つのレーザのみを駆動した場合の光周波数の変化は  $\pm 4. 0 \text{ GHz}$  以内であり実用上問題のない値が得られた。また、全チャンネルとも、 $-5 \text{ dBm}$  以上の出力を有し、雑音やタイミングずれの小さな波長多重光信号が得られた。

【0064】この波長多重光信号を低分散図示しない光ファイバに入射し、波長多重伝送実験を行ったところ、良好な誤り率特性を得た。

【0065】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、熱クロストークやモードホッピングを低減し、発振波長が安定した多波長レーザ光源が得られる。また、バルクの光学部品を用いることなく、半導体レーザチップを平面石英系光導波路にハイブリッド集積した小型の波長多重通信光回路が得られる。

【0066】特に、請求項 1 の発明によれば、シリコン基板上に複数の単一縦モード半導体レーザチップを搭載することにより、モードホッピングを低減し、安定な単一モード発振のレーザ光が得られる。また、熱伝導性に優れたシリコン基板のテラス部に複数の半導体レーザチップを搭載するので、たとえばペルチェ冷却器でシリコン基板裏面を冷却すれば、半導体レーザチップ間の熱クロストークによるレーザ発振波長の変動は大幅に低減に低減される。さらに、シリコンテラスを用いたハイブリッド集積技術を利用することにより、多数の半導体レーザチップと波長多重通信光回路の光結合がコンパクト、高精度かつ容易に実現できるので、多重通信の多波長レーザ光源の小型化、高出力化に適している。

【0067】また、特に、請求項 2 の発明によれば、活性層長が短く、構造が簡単な分布帰還型半導体レーザチップの使用により、小型の波長多重通信レーザ光源が得られる。また、特に、請求項 3 の発明によれば、単一縦モード半導体レーザチップにスポットサイズ変換器を内蔵させているので、レーザ出力光のスポットサイズを石英系導波路のコア形状に整合させることにより、よ

り高い効率でレーザ光を石英系光導波路に結合することができるとともに、レーザと石英系光導波路との光軸調整の精度が緩和される。この結果、石英系光結合器の出力が大きくできて、光伝送に有利である。

【0068】また、特に、請求項 4 の発明によれば、単一縦モード半導体レーザチップに電界吸収型半導体光変調器を内蔵させ、レーザ光の強度変調を行うので、レーザ注入電流の直接変調では困難な  $10 \text{ Gb/s}$  以上の高速光信号列を発生することが可能となる。

10 【0069】また、特に、請求項 5 の発明によれば、シリコン基板のテラス部の厚さを隣接する半導体レーザチップの活性層間の距離以下として、たとえばペルチェ冷却器でシリコン基板裏面を冷却するので、温度勾配がシリコン基板の板厚方向に生じ、シリコン基板の基板面方向の熱流が抑制される結果、半導体レーザチップ間の熱クロストークは大幅に低減にされる。すなわち、本発明では、熱クロストークを低減するために、インジウムリン基板等より熱伝導率の大きいシリコン基板 1 を用いている。そして、さらに、シリコン基板のテラス部の厚さを、隣接する半導体レーザチップ 2 0 の活性層間の距離

20 以下にしている。従って、冷却器 6 0 を作動させれば、シリコンテラス部 2 の膜厚方向に強制的に温度勾配が生じる結果、熱流はシリコンテラス部 2 の膜厚方向が支配的となり、半導体レーザチップ 2 0 同士は熱的に干渉せず、熱クロストークは大幅に低減される。

【0070】また、請求項 6 乃至 9 の発明によれば、平面状の石英系石英系光導波路のコアをバターニングするだけで、光合流器や光合波器等の石英系光結合器を、石英系光導波路とともに同一シリコン基板上に集積することができるので、波長多重通信波長多重通信光回路を小型にすることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の波長多重通信光回路の分解斜視図である。

【図 2】スポットサイズ変換器を内蔵した半導体レーザチップの断面図である。

【図 3】スポットサイズ変換器及び電界吸収型半導体光変調器を内蔵した半導体レーザチップの断面図である。

40 【図 4】多モード干渉型光合流器のコア部の斜視図である。

【図 5】スターカプラー型光合流器のコア部の斜視図である。

【図 6】アレイ導波路格子光合波器のコア部の斜視図である。

【図 7】実施例 1 のレイアウト図である。

【図 8】実施例 2 のレイアウト図である。

【図 9】実施例 3 のレイアウト図である。

【図 10】実施例 4 のレイアウト図である。

50 【図 11】従来の波長多重通信光回路の斜視図であ



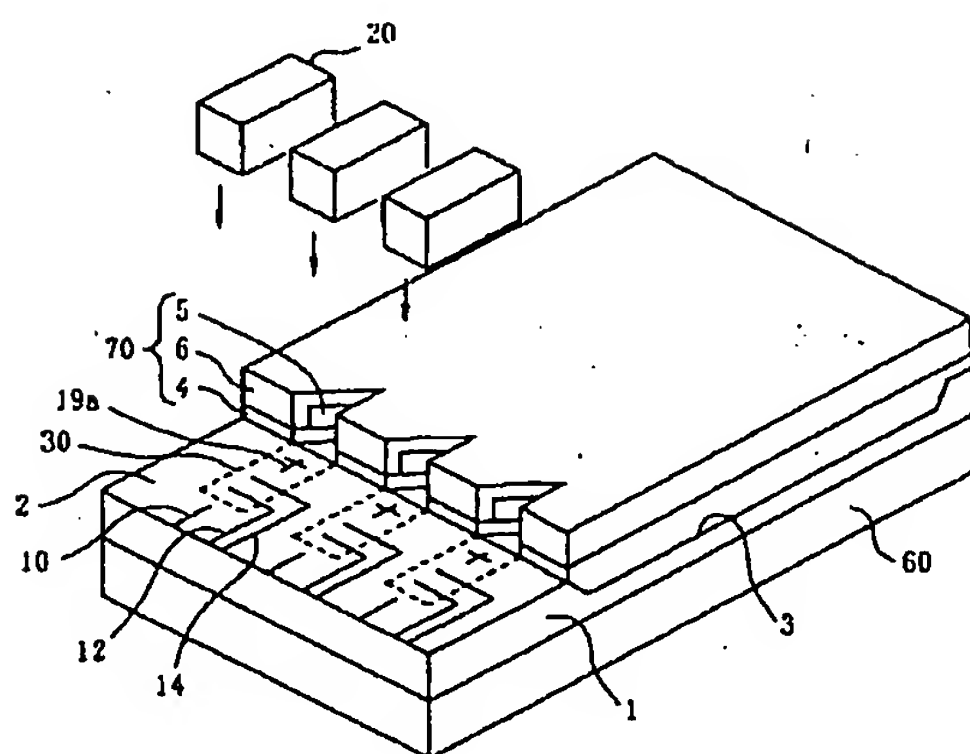
13

る。

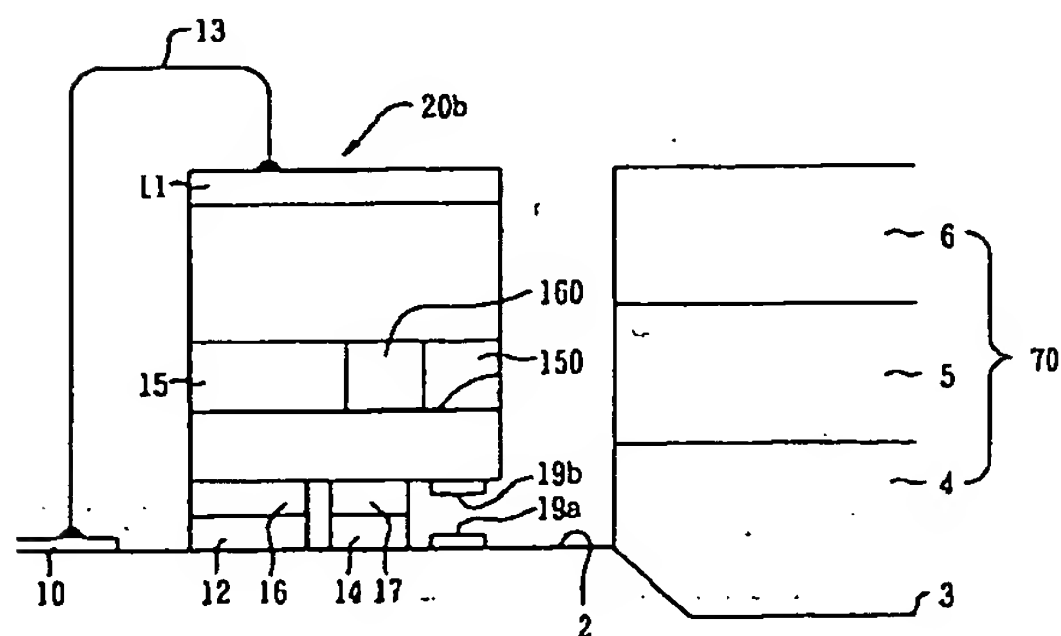
## 【符号の説明】

- 1 シリコン基板  
2 テラス部  
3 エッチング部  
4 下部クラッド層  
5 コア  
6 上部クラッド層  
15 活性層

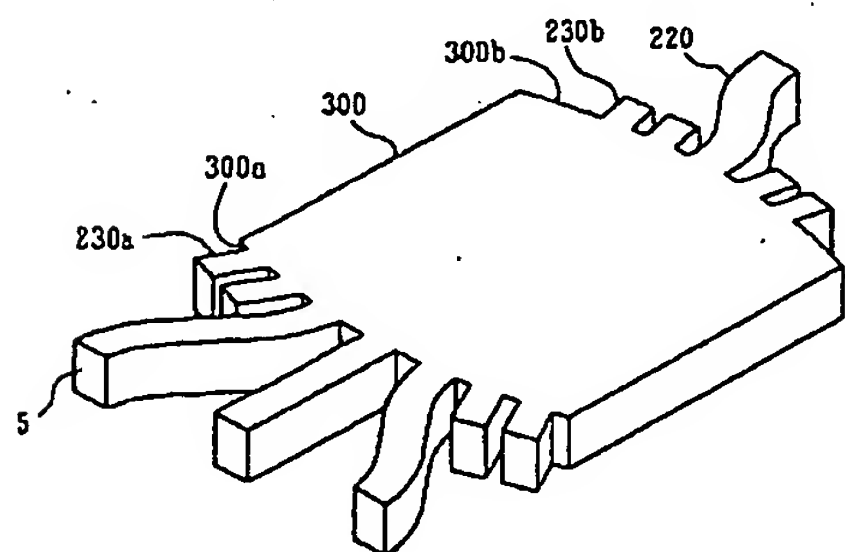
【図 1】



【図 3】



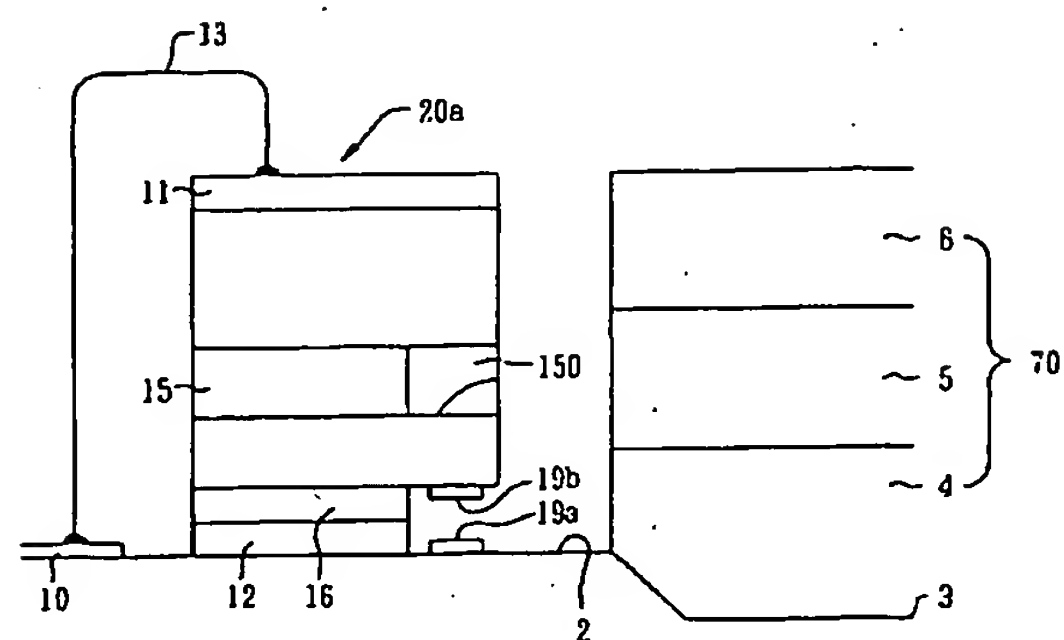
【図 5】



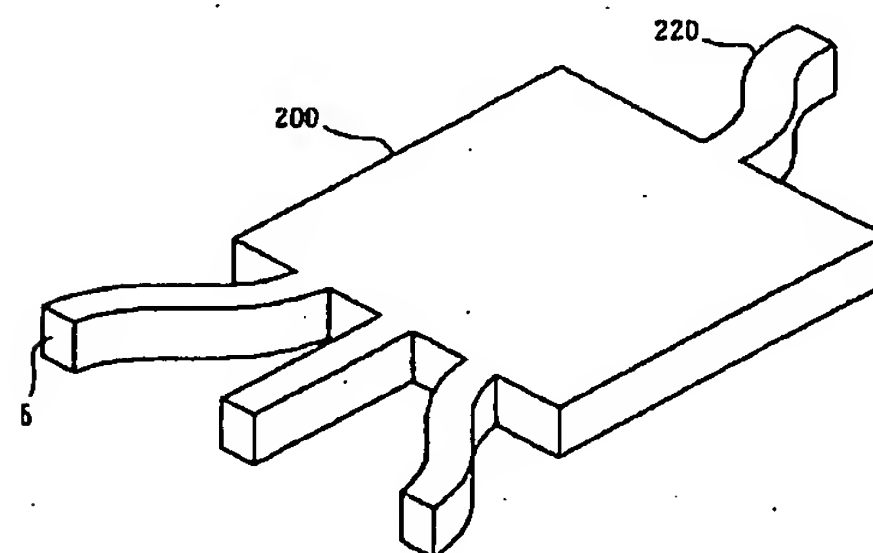
14

- 10、12、14 外部電極  
19a、19b マーカ  
20、20a、20b 半導体レーザチップ  
30 レーザ搭載部  
60 冷却器  
70 入力用石英系光導波路  
150 スポットサイズ変換器  
160 電界吸収型半導体光変調器

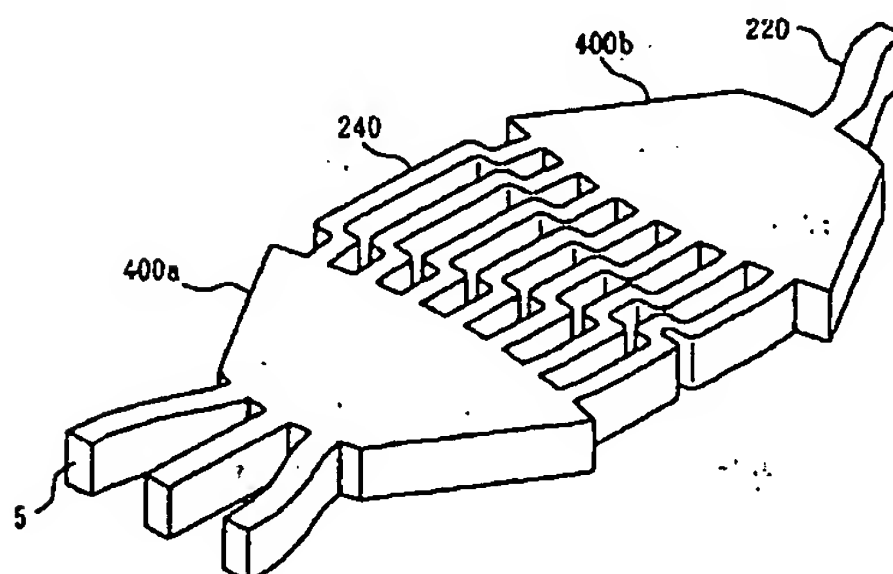
【図 2】



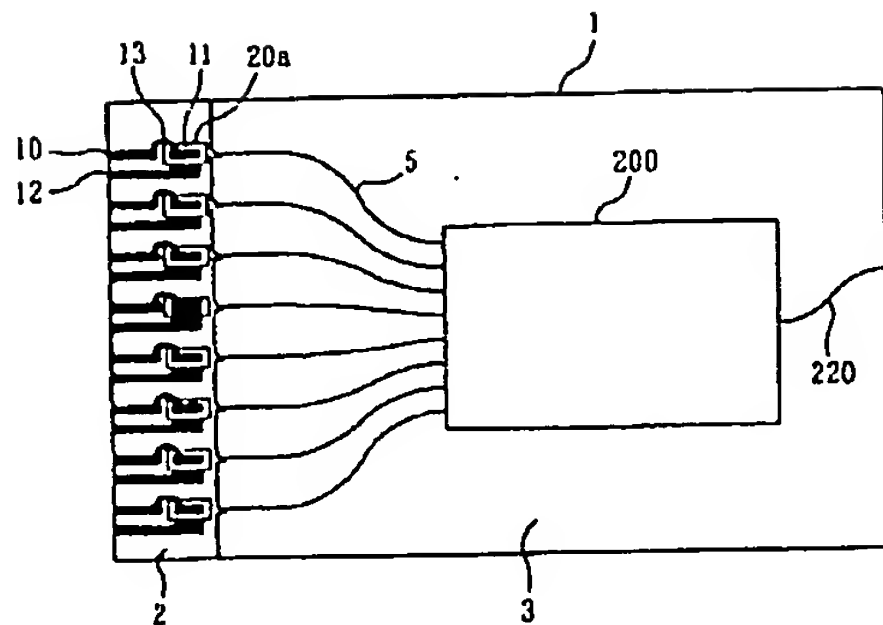
【図 4】



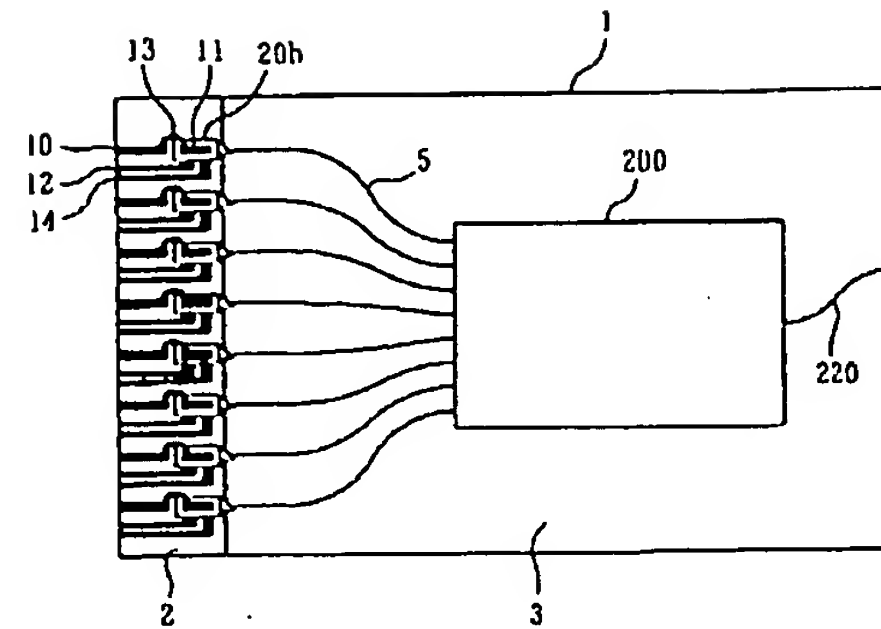
【図 6】



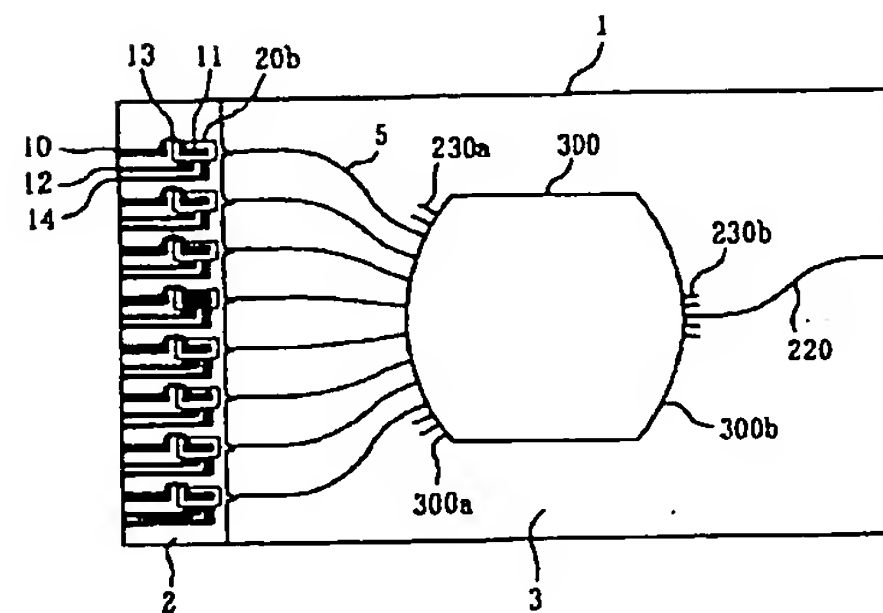
【図 7】



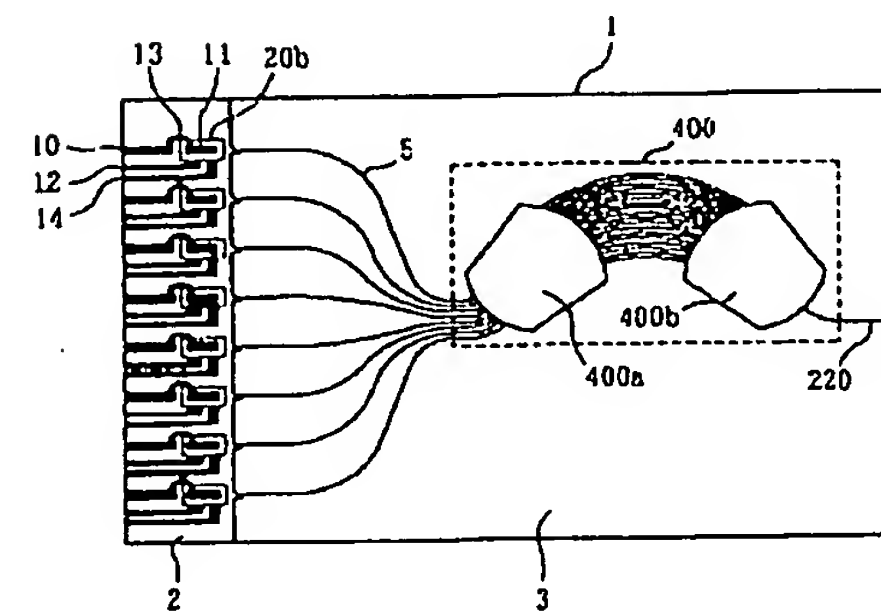
【図 8】



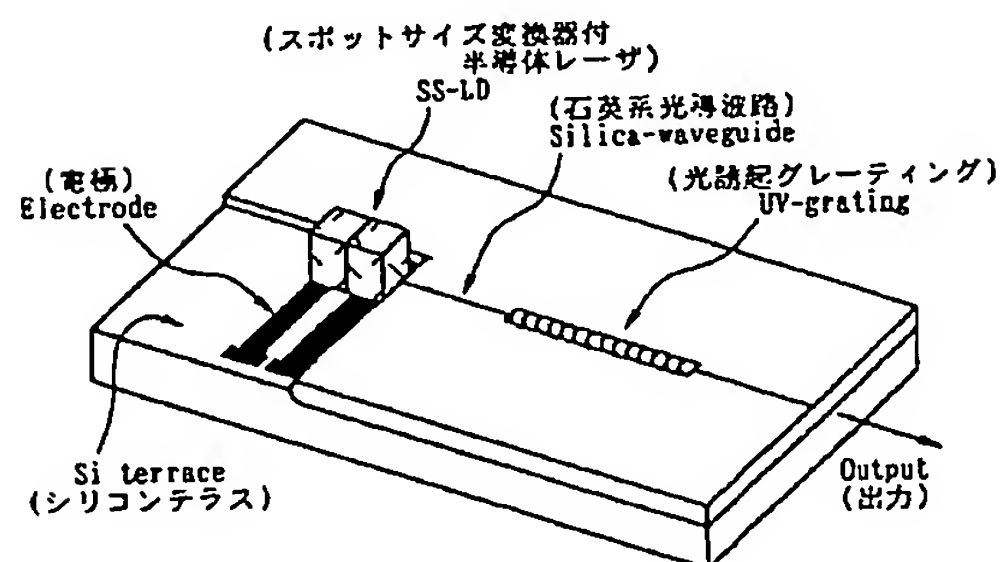
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 岡本 勝就  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 柳澤 雅弘  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 橋本 俊和  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 海老澤 文博  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 赤堀 裕二  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 福徳 光師  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内